

Trabajo Fin de Grado

Comparativa entre la evolución del desempeño
logístico de los países y las emisiones de carbono

Autor

Adrián Motis Boix

Directora

Ana Serrano González

Facultad de economía y empresa

2021

Autor: Adrián Motis Boix

Directora: Ana Serrano González

Título del trabajo:

Comparativa entre la evolución del desempeño logístico de los países y las emisiones de carbono.

Comparison between the evolution of countries logistics performance and carbon emissions.

Titulación: Grado de Economía

RESUMEN: Este trabajo trata la relación que hay entre el desempeño logístico de los países y sus emisiones. La elección del tema se debe a la problemática del cambio climático, las proyecciones a futuro del aumento de emisiones y la búsqueda de formas de mitigar sus consecuencias. El objetivo principal es encontrar aquellos factores más importantes a la hora de reducir las emisiones en el sector de la logística, y en consecuencia, concienciar y ofrecer pautas de actuación a los agentes con capacidad de actuación. Para ello se ha planteado una metodología, con un análisis descriptivo y econométrico, cobrando especial importancia la desagregación de la muestra por niveles de renta y la desagregación del indicador de desempeño logístico. De acuerdo con el análisis se concluye que las áreas en las que centrarse según el nivel de renta variará siendo en los países de renta alta la puntualidad y la entrega del envío, en los países de renta media-alta la calidad de los servicios y en los países de renta baja la calidad de los servicios, la eficiencia de las aduanas y la calidad de las infraestructuras.

ABSTRACT: This paper deals with the relationship between the logistical performance of countries and their emissions. The topic was chosen because of the challenge of climate change, the future projections of increasing emissions and the research on ways to mitigate their consequences. The main objective is to find the most important factors in reducing emissions in the logistics sector and, consequently, to raise awareness and offer guidelines for action to the agents with the capacity to act. For this purpose, a methodology with a descriptive and econometric analysis has been proposed, with special importance being given to the disaggregation of the sample by income levels and the disaggregation of the logistics performance indicator. According to the analysis, it is concluded that the areas on which to focus according to income level will vary, being in high-income countries punctuality and delivery of the shipment, in upper-middle income countries the quality of the services and in low income countries the quality of the services, the efficiency of customs and the quality of the infrastructures.

ÍNDICE

1. PRESENTACIÓN/INTRODUCCIÓN DEL TRABAJO	4
2. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA	5
2.1 DATOS	5
2.2 METODOLOGÍA.....	8
3. RESULTADOS	12
3.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	12
3.1.1 ANÁLISIS POR CRITERIO GEOGRÁFICO.....	15
3.1.2 ANÁLISIS POR CRITERIO RENTA.....	18
3.1.3 ANÁLISIS DE LOS PAÍSES MÁS CONTAMINANTES	20
3.1.4 ANÁLISIS DE LOS PAÍSES POR CRECIMIENTO INTERANUAL	22
3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	23
3.2.1 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EMISIONES E ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO GENERAL.....	23
3.2.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EMISIONES Y COMPONENTES DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO	26
4. CONCLUSIONES	29
5. BIBLIOGRAFÍA	31
6. APÉNDICE	33

1. PRESENTACIÓN/INTRODUCCIÓN DEL TRABAJO

Los transportes son una de las principales fuentes de emisiones de CO₂ a nivel mundial. En concreto, el sector del transporte representa el 23% de las emisiones mundiales de CO₂, principalmente por el uso de combustibles fósiles (Liu, Li, & Zhang, 2015). Como previsión, las emisiones de carbono seguirán creciendo y es fundamental adoptar tecnologías más limpias y cambios en la gestión de los transportes para afrontar este problema. Solo para este sector, las previsiones de crecimiento de emisiones son del 25% del PIB para el año 2030. (Liu, Li, & Zhang, 2015) (Timilsina & Shrestha, 2009).

Dado la importancia de la logística, es fundamental la adopción de medidas para alcanzar el objetivo del Acuerdo de París de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 grados centígrados respecto a los niveles preindustriales. (Tian, y otros, 2018). En este sentido, dado que afecta tanto al transporte, de mercancías y personas, como al uso de vehículos personales, es fundamental una colaboración entre el sector público y privado para conseguir la adopción de tecnologías energéticamente eficientes (Chapman, 2007).

Dada la relevancia de esta temática, este trabajo trata la logística como fuente de emisiones de CO₂, así como su influencia y capacidad para mitigar dichas emisiones. Para ello, se estudian las variables “Logistic Performance Index” (LPI) y “CO₂ emissions” evaluando la evolución y relación de ambas. En concreto, el trabajo compara, desde una perspectiva macroeconómica, el desempeño logístico y las emisiones de cada país a través del análisis descriptivo y econométrico. Este último considera el nivel de desarrollo como factor motor de la divergencia geográfica de la relación evaluada. Además, en cuanto a la aportación que hace este trabajo al área de estudio, se diferencia por la desagregación que se realiza del indicador LPI haciendo visible las áreas de la logística que son más relevantes dependiendo del grupo de renta al que pertenezca cada país.

Así, el objetivo general del TFG sería la concienciación sobre la importancia de la logística, poniendo el foco en su papel como factor explicativo de las emisiones de carbono, y por lo tanto, como una posible oportunidad para mitigar los efectos del cambio climático. De esta forma, se pretende concienciar a los distintos agentes de la economía, ya sea tanto del sector privado como instituciones públicas, y mostrar aquellas áreas más significativas de la logística en las que se tiene que centrar cada país. Estas áreas diferirán dependiendo al grupo de renta al que pertenezca el país de interés. A un nivel más

específico, se analiza qué países o regiones son exitosos en la reducción de emisiones y cuáles no, centrándose en algunos de los posibles factores como pueden ser el porcentaje de la industria en la economía sobre el Producto Interior Bruto (PIB) o el nivel de renta, que afecta a la capacidad adquisitiva. Así, posibles interesados (instituciones encargadas del, estudio, control y reducción de emisiones, y empresas que quieran ser más sostenibles) dispondrán de ciertas nociones sobre los factores que son más o menos importantes para ser exitosos en la reducción de las emisiones en el sector logístico.

Por lo tanto, posibilita observar aquellos países más exitosos, y resaltar los factores comunes, que los ha llevado a esa situación. De esta forma, dicho modelo de comportamiento podría ser de aplicación para otros países. Asimismo, en el plano universitario o de la investigación podría abrir el campo a una investigación más profunda en cuanto a cómo abarcar las emisiones del sector logístico.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: En el siguiente apartado, se explican los datos y metodología usada. En la sección 3, se lleva a cabo el análisis de los datos desde dos perspectivas, por un lado el análisis descriptivo y por el otro el econométrico. En la sección 4 se encontrarían las conclusiones del estudio. En ellas se sintetiza todos aquellos resultados que se han obtenido contrastando los resultados del análisis descriptivo y econométrico, y destacando aquellos aspectos más relevantes del trabajo.

2. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA

2.1 DATOS

Las dos principales variables utilizadas en el trabajo son el Índice de Desempeño Logístico y las emisiones de CO₂, ambas obtenidas del Banco Mundial. En primer lugar, el Índice de Desempeño Logístico refleja la percepción de la logística de un país. Para ello se basa en la eficiencia del proceso de despacho de aduanas, la calidad de las infraestructuras relacionadas con el comercio y el transporte, la facilidad para organizar envíos a precios competitivos, la calidad de los servicios logísticos, la capacidad de seguimiento y localización de los envíos y la frecuencia con la que los envíos llegan al destinatario dentro del plazo previsto. El índice tiene un rango entre 1 y 5, y una puntuación más alta representa un mejor rendimiento. Las puntuaciones de las seis áreas se promedian entre todos los encuestados y se agregan a una única puntuación mediante un análisis de componentes principales (World Bank & Turku School of Economics, "Indicadores de Desarrollo Mundial, Logistics Performance Index", 2018).

Este indicador contiene datos para los años 2007, 2012, 2014, 2016 y 2018 y permite la comparación entre 217 países.

A continuación, se detalla cada uno de los índices que lo componen, así como, el nombre corto que se utiliza en el análisis econométrico y en los modelos.

- **Logistic Performance Index: Capacidad de seguimiento y localización de los envíos (seguimiento).** Este indicador, refleja la posibilidad de seguir y rastrear los envíos de los operadores internacionales y tradicionales.
- **Logistic Performance Index: Competencia y calidad de los servicios logísticos (calidad).** Este indicador, evalúa la percepción de la competencia y calidad del servicio prestado por proveedores de servicios de transporte por carretera, proveedores de servicios de transporte ferroviario, proveedores de servicios de transporte aéreo, proveedores de servicios de transporte marítimo, operadores de almacenamiento/transbordo y distribución, agencias de aduanas, agencias de inspección de calidad/normas, agencias sanitarias/SPS (sanitarias y fitosanitarias), agentes de aduanas, asociaciones relacionadas con el comercio y el transporte, consignatarios o expedidores.
- **Logistic Performance Index: Facilidad para organizar envíos a precios competitivos (precio).** Este indicador, mide la percepción de la facilidad de organizar envíos a precios competitivos teniendo en cuenta tasas portuarias, tasas aeroportuarias, tarifas de transporte por carretera, tarifas de transporte por ferrocarril, tarifas de servicios de almacenamiento/transbordo y tarifas de agentes.
- **Logistic Performance Index: Eficiencia del proceso de despacho de aduanas (aduanas).** Este indicador, mide la percepción de la rapidez, sencillez y previsibilidad de los trámites por parte del control fronterizo. Como ejemplo de ello se encuentra, el despacho y entrega de envíos de importación y exportación según lo previsto, la transparencia del procedimiento del despacho de aduanas, la notificación sobre cambios normativos y el cumplimiento de una atención acelerada.

- Logistic Performance Index: Frecuencia con la que los envíos llegan al destinatario en el tiempo previsto o programado (puntualidad). Este indicador mide, la percepción sobre la frecuencia en que llegan los envíos en el plazo programado, la frecuencia de retrasos importantes debido a diversas causas como almacenamiento/transbordo obligatorio, inspecciones previas al envío, transbordo marítimo, así como, actividades delictivas (como carga robada) y la solicitud de pagos informales.
- Logistic Performance Index: Calidad de las infraestructuras comerciales y de transporte (infraestructuras). Este indicador mide, la calidad de las infraestructuras relacionadas con el comercio y el transporte (puertos, ferrocarriles, carreteras, tecnologías de la información, como las telecomunicaciones y los servicios informáticos, y las instalaciones de almacenamiento/transbordo).

Para más detalles de, como se han obtenido dichos indicadores, puede consultarse Connecting to Compete 2010: Trade Logistics in the Global Economy—The Logistics Performance Index and Its Indicators (Arvis, Alina Mustra, Ojala, Shepherd, & Saslavsky, "Connecting to Compete 2010 : Trade Logistics in the Global Economy--The Logistics Performance Index and Its Indicators", 2010).

Por otro lado, tendríamos la variable emisiones de CO₂ expresada en kilotoneladas (kt). Los datos de las emisiones de dióxido de carbono incluyen los gases procedentes de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación de cemento, pero excluyen las emisiones procedentes del uso de la tierra, como la deforestación. Las emisiones de dióxido de carbono suelen calcularse y notificarse como carbono elemental. Se han convertido en masa real de dióxido de carbono multiplicándolas por 3,667 (la relación entre la masa de carbono y la de dióxido de carbono) (World Bank & Carbon Dioxide Information Analysis Center, "CO₂ emissions (kt)", 2020).

Como variables secundarias, se han utilizado, como variables de control en el análisis econométrico, el Producto Interior Bruto (PIB) per cápita y porcentaje del valor añadido bruto (VAB) que aporta la industria sobre el PIB total.

La primera variable, el PIB per cápita, se basa en la paridad del poder adquisitivo (PPA). Los datos están en dólares internacionales constantes de 2017. Se calcula sin hacer deducciones por la depreciación de los activos fabricados o por el agotamiento y la degradación de los recursos naturales (World Bank, World Bank, & Eurostat-OECD PPP Programme, 2019).

La segunda variable, la industria, comprende el valor añadido de la minería, la industria manufacturera, la construcción, la electricidad, el agua y el gas. Se calcula sin hacer deducciones por la depreciación de los activos fabricados o el agotamiento y la degradación de los recursos naturales. Para los países VAB, se utiliza como denominador el valor añadido bruto al coste de los factores (World Bank national accounts data & OECD National Accounts data files, 2019).

2.2 METODOLOGÍA

En cuanto a la metodología se distinguen dos partes: el análisis descriptivo y el análisis econométrico. El análisis descriptivo utiliza diversos enfoques para analizar los datos. Estos son: el criterio geográfico, el criterio renta, el análisis de los países más contaminantes y el análisis interanual de las variables por países. Por otro lado, el análisis econométrico presenta una evolución de la metodología utilizada, en los cálculos de los modelos, con el objetivo de solventar los problemas de los resultados obtenidos. De esta forma se han realizado seis modelos, de los cuales los modelos (1) y (5) presentan unas variaciones adicionales con una desagregación por nivel de renta. Con ello, suman un total de ocho modelos.

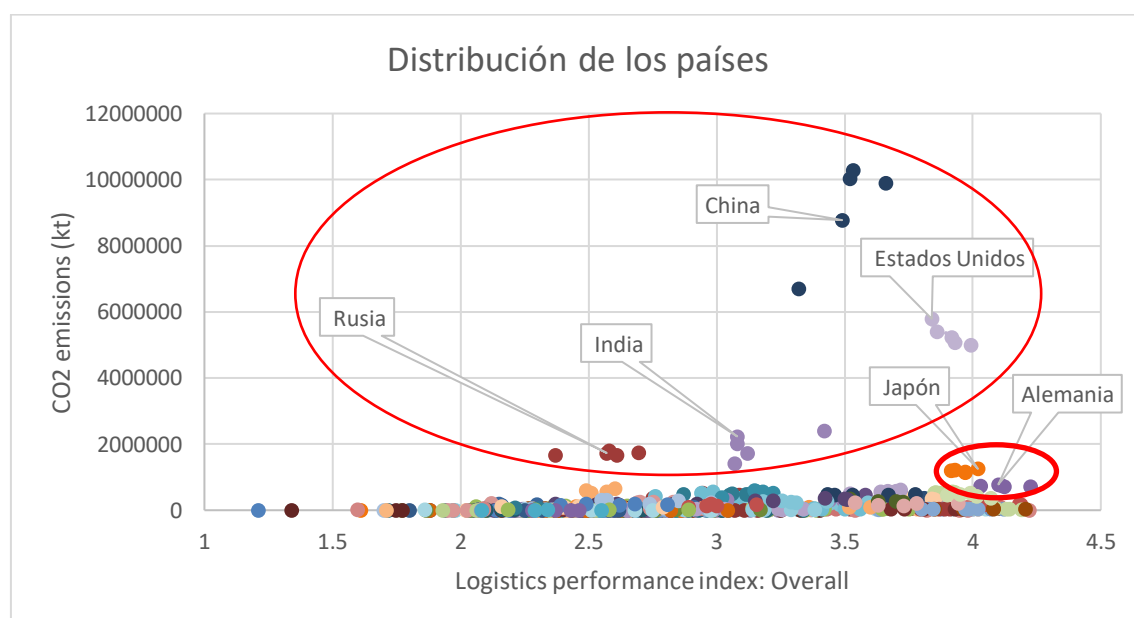
En el análisis descriptivo para los dos primeros enfoques, el criterio geográfico y el criterio renta, se han utilizado la clasificación por agregados del Banco Mundial. En concreto, para el criterio geográfico se han utilizado los agregados geográficos (World Bank, World Development Indicators, 2019) y para el de renta los países están agrupados por:

- Grupo de renta alta: Las economías de renta alta son aquellas en las que la Renta Nacional Bruta (RNB) per cápita de 2019 fue de 12.536 dólares o más.
- Grupo de renta media: Las economías de renta media son aquellas en las que la RNB per cápita de 2017 estaba entre 996 y 12.055 dólares.
- Grupo de renta media alta: Las economías de renta media-alta son aquellas en las que la RNB per cápita de 2019 estaba entre 4.046 y 12.535 dólares.

- Grupo de renta media baja: Las economías de renta media-baja son aquellas en las que la RNB per cápita de 2019 estaba entre 1.036 y 4.045 dólares.
- Grupo de renta baja: Las economías de renta baja son aquellas en las que la RNB per cápita de 2019 estaba de 1.035 dólares a menos.

Para el tercer enfoque, el análisis de los países más contaminantes, se ha realizado el gráfico 1, elaborado de forma propia a partir de los datos del Banco Mundial. Con este gráfico, se han seleccionado los países más destacados por sus niveles de emisiones. Estos son: China, Estados Unidos, Rusia, Alemania, India y Japón, y como se puede observar, incluso gráficamente, se encuentran separados respecto al grupo principal.

Gráfico 1. Distribución de los países por emisiones y LPI, con evolución temporal.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

Para el cuarto y último enfoque, se han calculado tasas de crecimiento interanual (TCI) para las dos variables principales, emisiones y desempeño logístico. Con más detalle, se han utilizado los datos de los años 2007, 2012, 2014, 2016 y 2018, y además, para el cálculo se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$TCI = 100 * \left(\left(\frac{Y_n}{Y_0} \right)^n - 1 \right)$$

Siendo Y_0 la variable de interés en el periodo inicial, Y_n la variable de interés en el periodo final y n el número de años entre el periodo inicial y final.

En el análisis econométrico, en un comienzo, se ha realizado una estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), pero pronto se ha visto la necesidad de utilizar modelos con efectos fijos por país y efectos fijos temporales. Posteriormente, se han aplicado logaritmos a las variables, LPI y emisiones de CO2, para corregir la dispersión de los datos. Esta metodología aplicada permite interpretar los resultados estimados como elasticidades. Por último, se han añadido otras variables, PIB per cápita y peso de la industria sobre el total del PIB del país, para ver si son relevantes estos factores a la hora de explicar las emisiones. En caso de que fueran relevantes, se ha realizado la desagregación por nivel de renta.

Con todo este proceso se ha elaborado ocho modelos. Por orden de aparición en el análisis econométrico, los modelos que se han estimado serían:

TABLA 1:

$$\log(CO2_{it}) = \beta_1 \log(LPI_{general}) + \mu_{it} \quad (1).$$

$$\log(CO2_{it}) = \beta_1 \log(LPI_{general}) + \delta_i + \mu_{it} \quad (2).$$

$$\log(CO2_{it}) = \beta_1 \log(LPI_{general}) + \delta_i + \gamma_t + \mu_{it} \quad (3).$$

$$\log(CO2_{it}) = \beta_1 \log(LPI_{general}) + \delta_i + \gamma_t + \beta_2 \log(PIB \text{ pc}) + \beta_3 (Industria) + \mu_{it} \quad (4).$$

TABLA 2:

Modelo (3) diferenciando los países por renta.

TABLA 3:

$$\log(CO2_{it}) = \beta_1 \log(LPI_{seguimiento}) + \beta_2 \log(LPI_{calidad}) + \beta_3 \log(LPI_{precio}) + \beta_4 \log(LPI_{aduanas}) + \beta_5 \log(LPI_{puntualidad}) + \beta_6 \log(LPI_{infraestructuras}) + \delta_i + \gamma_t + \mu_{it} \quad (5).$$

$$\log(CO2_{it}) = \beta_1 \log(LPI_{seguimiento}) + \beta_2 \log(LPI_{calidad}) + \beta_3 \log(LPI_{precio}) + \beta_4 \log(LPI_{aduanas}) + \beta_5 \log(LPI_{puntualidad}) + \beta_6 \log(LPI_{infraestructuras}) + \beta_7 \log(PIB \text{ pc}) + \beta_8 (Industria) + \delta_i + \gamma_t + \mu_{it} \quad (6).$$

TABLA 4:

Modelo (5) diferenciando los países por renta.

Breve leyenda de la notación utilizada:

β : parámetro de posición \log : logaritmo δ_i : ficticias (efectos fijos por países)
 γ_t : ficticias (efectos fijos temporales) μ_{it} : perturbación aleatoria

El modelo (1) consiste en una estimación de las emisiones de CO2 teniendo como factor explicativo el indicador LPI general. Con ello, se contrasta como la percepción del desempeño de la logística de un país afecta a las emisiones de CO2, siendo este indicador una media de los indicadores que lo componen (véase el apartado datos). Además, se ha realizado la estimación por MCO, es decir, adaptando una línea recta óptima a la muestra de datos encontrando los valores de los parámetros que minimizan la suma de los errores al cuadrado. Destacar que, en la estimación, se han usado desviaciones típicas robustas para corregir posibles correlaciones.

El modelo (2) presenta la misma especificación que el modelo (1) pero en este caso es una estimación en panel incluyendo efectos fijos por país, es decir, se añade una variable ficticia por cada país para así aislar los factores que difieren entre países e invariables en el tiempo. En esta estimación también se han utilizado las desviaciones típicas robustas.

El modelo (3) presenta la misma especificación y metodología que el modelo (2) pero en este caso es una estimación en panel incluyendo efectos fijos por país y temporales. De esa manera, presenta también una ficticia por año para aislar los factores comunes entre países que varían en el tiempo.

El modelo (4), presenta la misma especificación y metodología que el modelo (3) pero en este caso se añaden dos variables explicativas que son el PIB pc y peso de la industria. Con ello se está contrastando que, la percepción del desempeño de la logística, la renta per cápita (poder adquisitivo) y el peso de la industria sobre el PIB, son factores explicativos de las emisiones de los países.

El modelo (5) presenta la misma especificación y metodología que el modelo (3) con la diferencia que se ha sustituido el LPI general por todos los indicadores que lo conforman. Estos serían los indicadores LPI de seguimiento, calidad, precio, aduanas, puntualidad e infraestructura (véase la sección datos). De esta forma, se está contrastando que la percepción del desempeño del comportamiento logístico, en diversas características, es factor explicativo de las emisiones de los países.

El modelo (6) presenta la misma especificación y metodología que el modelo (5) pero se han incluido varias variables explicativas. Estas son el PIB pc y peso de la industria. En este caso, la interpretación es la misma que el modelo (5) incluyendo el componente demanda/poder adquisitivo y estructura de la economía (si hay mayor presencia de la industria, con la idea de que la industria manufacturera es una de las más contaminantes) como factores explicativos de las emisiones de los países.

Para finalizar en la tabla 2 y en la tabla 5, del análisis econométrico, se han diferenciado los países por nivel de renta para los modelos (1) y (5), respectivamente.

3. RESULTADOS

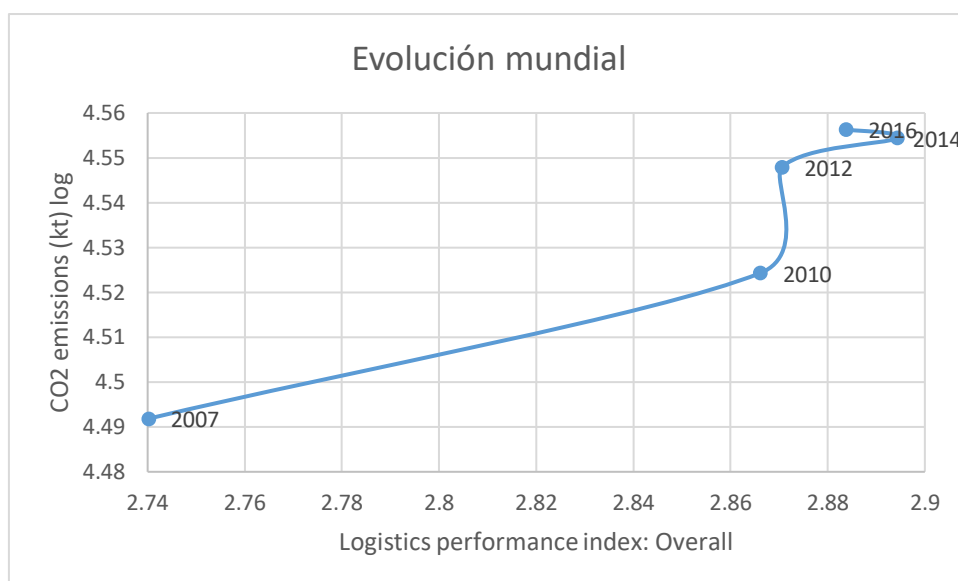
3.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

El análisis descriptivo, es decir el análisis de los datos, se ha realizado estudiando la evolución y la relación entre las variables, indicador de desempeño logístico y emisiones de CO₂, por países. Para ello, primeramente se realiza un análisis general de las variables a nivel mundial, y seguidamente para realizar un análisis más detallado, se han desagregado los países por diferentes criterios como son por, nivel de renta, áreas geográficas, países más contaminantes y crecimiento interanual.

En primer lugar, se analiza la tendencia mundial. Como se puede observar en el gráfico 2, el indicador logístico mejoró considerablemente entre 2007 y 2014, y luego sufrió un retroceso en 2016. Atendiendo a las emisiones, vemos que tiene una tendencia creciente, la cual entre el 2010 y el 2012 tuvo un crecimiento exponencial que luego se ralentizó.

¹ Nota metodológica: Debido a la alta heterogeneidad de los datos (ya que hay países con tendencias muy diferentes), para facilitar la observación se han tomado logaritmos neperianos en la variable emisiones de los siguientes gráficos.

Gráfico 2. Relación temporal entre Logistics performance index y CO2 emissions.



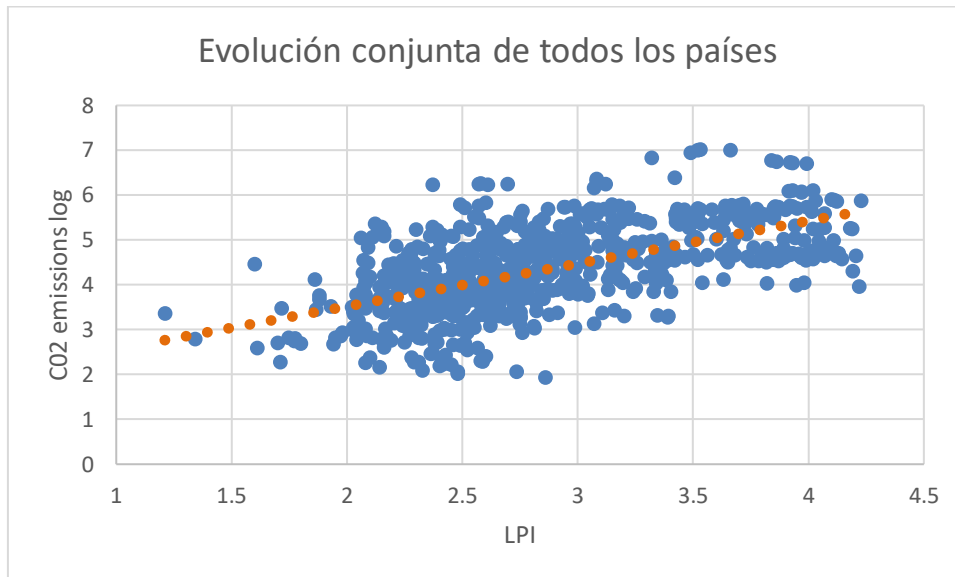
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

Para contextualizar esta evolución, entre 2007-2008 ocurrió la crisis financiera global (CFG) que afectó de forma distinta entre países desarrollados y países en desarrollo. La reducción del comercio internacional sugiere que los países se volvieron menos dependientes de las importaciones. Los países desarrollados por un lado frenaron la estabilización de las emisiones entorno a la producción/territorio mientras que las emisiones por consumo tuvieron una gran caída, del 1,8% de disminución interanual durante el 2009-2010. En los países en desarrollo, por el contrario a los desarrollados, las emisiones basadas en el consumo aumentaron en un 6,1% anual entre el 2009-2010. (Peters, y otros, 2011). Además la rápida recuperación de la CFG, por un lado, las economías emergentes han mantenido un fuerte crecimiento de las emisiones, y por el otro, los países desarrollados han continuado la importación neta de emisiones de CO2 a través del comercio internacional (Peters, y otros, 2011). Por concluir, con todo esto podría deducirse que los países en desarrollo y emergentes son los principales responsables del crecimiento exponencial de las emisiones, en ese periodo.

En segundo lugar, es importante comentar que hay una relación directa entre el indicador LPI y las emisiones durante el periodo de estudio completo. Prueba de ello, son los gráficos 2 y 3 en los que se puede observar esta relación directa. Por un lado, el gráfico 2 analiza la evolución mundial de ambas variables, y por otro lado, el Gráfico 3 representa una nube de puntos con todos los países de la muestra. Como conclusión de ambos, por lo general, los países muestran una relación positiva y creciente entre el LPI y las

emisiones. Con ello, se deriva una relación directa reflejando que, a mejor desempeño logístico mayores son las emisiones.

Gráfico 3. Evolución temporal de todos los países.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

Para dar explicación a esta relación directa entre las variables de estudio, desempeño logístico y emisiones, diferentes autores han coincidido en la existencia de una correlación entre variables, sobretudo en la relación que hay entre crecimiento económico y emisiones. Prueba de ello, (Al-mulali, Weng-Wai, Sheau-Ting, & Mohammed, 2015) exponen que el consumo de energía, el crecimiento del PIB y las emisiones de CO₂ están cointegrados. Otro análisis, como el de causalidad de panel de Dumitrescu-Hurlin, defiende que hay una retroalimentación entre consumo de energía en el transporte, la infraestructura de transporte y el crecimiento económico (Saidi, Shahbaz, & Akhtar, 2018).

Además existen investigaciones de países concretos que dan prueba de esta relación, como son el caso de China y Turquía. Por un lado, en el caso de China, hay una correlación entre la industria logística, la industria manufacturera, la construcción y el sector energético. De esta correlación se deduce que, un aumento en la demanda de estas industrias conduce al crecimiento de las emisiones de CO₂ en la industria logística. Y de ello también se deriva que, a mayor industrialización del país, con el desarrollo económico que implica, habrá una mayor demanda de la logística y por lo tanto conllevará a unos mayores niveles de emisiones (Xu & Yu, 2020). Por lo tanto, al tener relación con la industria manufacturera, el factor renta es uno de los factores fundamentales a la hora

de explicar las emisiones de un país, y en el análisis econométrico se podrá confirmar la importancia de este factor.

Por otro lado, en el caso de Turquía, existe causalidad entre la renta real per cápita, el consumo de energía per cápita, la apertura comercial y el desarrollo financiero, siendo estos los factores causantes de las emisiones a largo plazo (Cetin, Ecevit, & Yucel, 2018). Por resumir las implicaciones de la cita anterior, cuando mejora la logística se está impulsando el crecimiento económico del país, ya que se hace más atractivo para inversores internacionales (Cetin, Ecevit, & Yucel, 2018), y las regiones se integran en la economía mundial, llegando a incorporarse a las cadenas de valor global. Consecuentemente debido al crecimiento económico tiene como efecto un aumento de las emisiones.

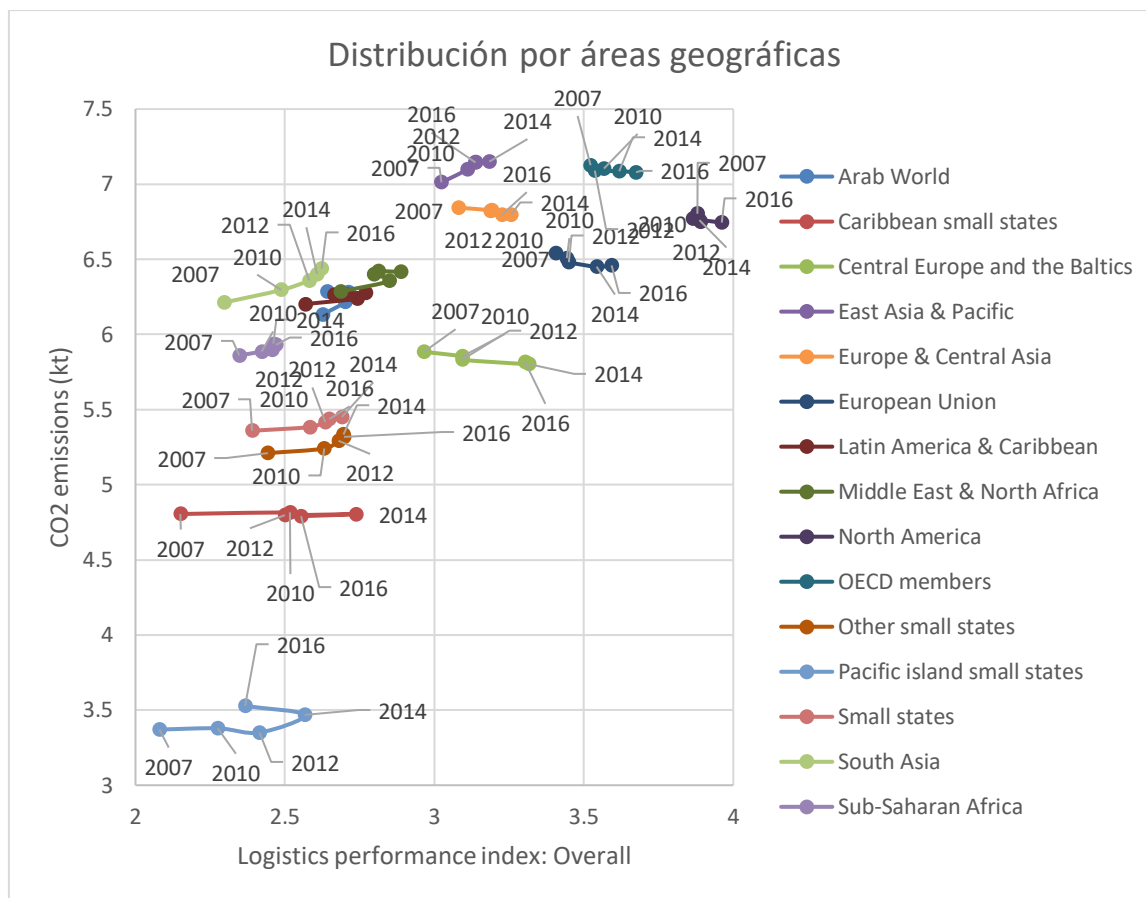
Como conclusión, la tendencia general de las variables, desempeño logístico y emisiones, es de crecimiento y hay una relación directa entre ellas. Este análisis da una idea en términos globales de la evolución seguida por las variables de interés, pero se pierde la perspectiva si no se alcanza el detalle, ya que la evolución y tendencias de los países son muy heterogéneas. Por ello, se ha visto necesario atender a esta relación evaluando la variabilidad por países, considerando los siguientes criterios.

3.1.1 ANÁLISIS POR CRITERIO GEOGRÁFICO

Atendiendo a las áreas geográficas, se ha realizado el gráfico 4, en el que se estudia la relación entre LPI y las emisiones de carbono por regiones geográficas. Este apartado se inicia con una descripción del gráfico 4, describiendo las áreas geográficas siguiendo el orden que ocupan de mayor a menor de cada variable explicada, primero, con las emisiones, y posteriormente, con el LPI. Finalmente se describe la evolución que siguen las áreas geográficas, en el tiempo de estudio, y se contextualiza a partir de la literatura consultada respecto a este tema.

Por un lado, estarían las regiones más contaminantes como serían el Este asiático, los estados miembros de la OCDE, Europa y Asia Central. Posteriormente, se encontrarían Latinoamérica y el Caribe, el Mundo Árabe, África Subsahariana, Oriente Medio y África. Por último, estarían los estados pequeños de diversas regiones como las de Latinoamérica, el Caribe y las del Pacífico.

Gráfico 4. Evolución temporal por regiones geográficas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

Por otro lado, en cuanto al LPI las áreas con un nivel más alto son Norte América, los países miembros de la OCDE y la Unión Europea. Luego, se encontraría una zona intermedia que serían el Este asiático y el Pacífico, Europa y Asia, Europa Central y los Bálticos. Por último, las áreas con un LPI más bajo serían Oriente Medio y Norte de África, Sur de Asia, África Subsahariana y los estados pequeños del Caribe y Latinoamérica, del Pacífico y de otras regiones del mundo.

Respecto a la evolución de las variables, atendiendo al LPI, se puede hacer una distinción muy clara entre áreas tomando como punto de corte el valor tres de este indicador. El primer grupo que serían las áreas con valores de LPI por encima de tres, por lo general, coinciden con los países más desarrollados tanto en términos económicos como en desarrollo, esto es, si se tiene en cuenta el Indicador de Desarrollo Humano (IDH). Estos son los países miembros de la OCDE, Norte América, la Unión Europea, Europa y Asia Central y el Este de Asia y Pacífico. Tienen en común que su LPI tiene una tendencia creciente, aunque menor que el grupo con LPI menor de tres. Ello se debe, a su alto

desarrollo de partida. A su vez, las emisiones que si bien en un principio crecían, han sido estabilizadas e incluso han llegado a establecer una tendencia decreciente.

El segundo grupo, serían las áreas por debajo del valor tres en el indicador LPI. Estas son el Sur de Asia, Oriente Medio y Norte de África, el Mundo Árabe, Latinoamérica y el Caribe, África subsahariana, Estados pequeños, Otros Estados Pequeños, Estados Pequeños del Caribe y Estados Pequeños del Pacífico. Por lo general, tienen un alto crecimiento en el LPI y sus emisiones tienen una tendencia creciente.

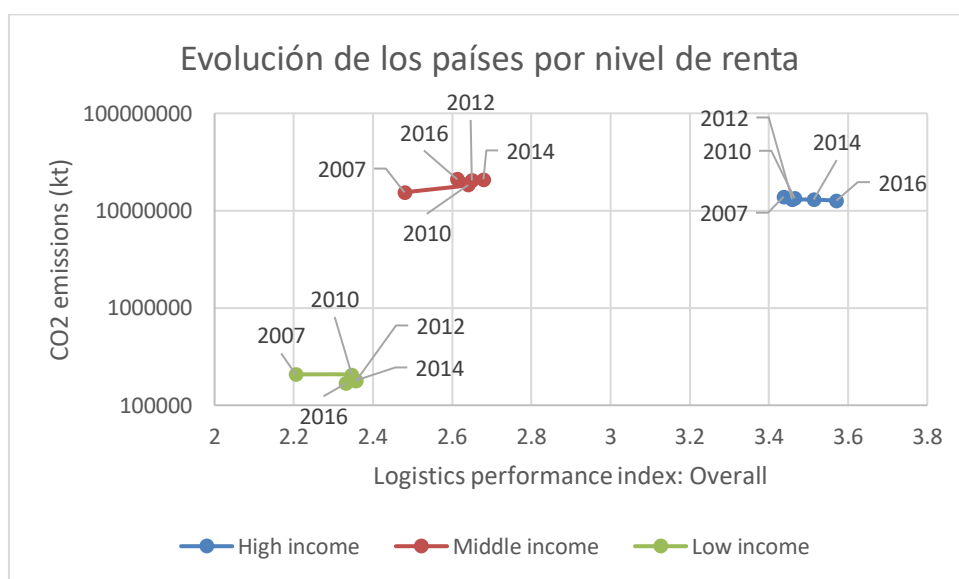
Para completar la visión del gráfico 4, a nivel regional es fundamental tener en cuenta las cadenas de suministro mundiales, y sobretodo el papel que tiene China dentro de ellas. En estos últimos años este país ha experimentado un importante cambio estructural. Las exportaciones se han desplazado de los países desarrollados a los países en desarrollo, de forma que ha contribuido al rápido desarrollo del comercio Sur-Sur. Para tener una idea de estos cambios, las emisiones incorporadas a las exportaciones de China a América del Norte y Europa Occidental disminuyeron un 20% y un 16%, respectivamente, mientras que las incorporadas a las exportaciones a América Latina y el Caribe aumentaron un 33% de 2007 a 2012 (Mi, y otros, 2017). Reflejo de estos cambios de patrones globales, si se observa la situación de 1997, momento del acuerdo de Kioto, dos tercios de las emisiones de carbono de los transportes tenían su origen en el 10% de los países más ricos (Hensher & Button, 2003). Sin embargo, en los últimos 20 años, la distribución de las emisiones ha cambiado de forma que, los países en desarrollo han sido los protagonistas del crecimiento de las emisiones (Tian, y otros, 2018).

De esta forma, gran parte de las emisiones mundiales de carbono se derivan de la producción y las exportaciones de China y la región que comprende Brasil, Rusia, India, Indonesia, Australia y Turquía (BRIIAT) (países productores) que tienen como destino final el área de libre comercio de Canadá, Estados Unidos y México (TLCAN) y la eurozona (países consumidores). Dado que los países en desarrollo (productores) son menos eficientes en términos de emisiones de carbono, en comparación con los desarrollados (consumidores), da lugar a graves fugas de carbono, al menos en lo que respecta a la producción (Zhongxiu & Yunfeng, 2014). Pero no hay que pensar que la fuga de carbono es el único problema. El crecimiento de los países en desarrollo y emergentes implica un aumento del consumo, y por lo tanto de las emisiones

3.1.2 ANÁLISIS POR CRITERIO RENTA

Respecto al enfoque de la renta, se realiza un análisis por cada grupo de nivel de renta. En primer lugar, se describe el punto de partida y la evolución de las variables, desempeño logístico y emisiones. En segundo lugar, se describe la relación, directa o inversa, que hay entre estas variables. En tercer lugar, se desagrega el grupo de renta media, en renta media-alta y renta media-baja, analizando los aspectos anteriores. Y por último, se contextualiza a partir de la teoría de Kuznets ambiental. Para ver los países que conforman los grupos de renta consultar la tabla A del apéndice.

Gráfico 5. Evolución temporal de los indicadores por nivel de renta de los países.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

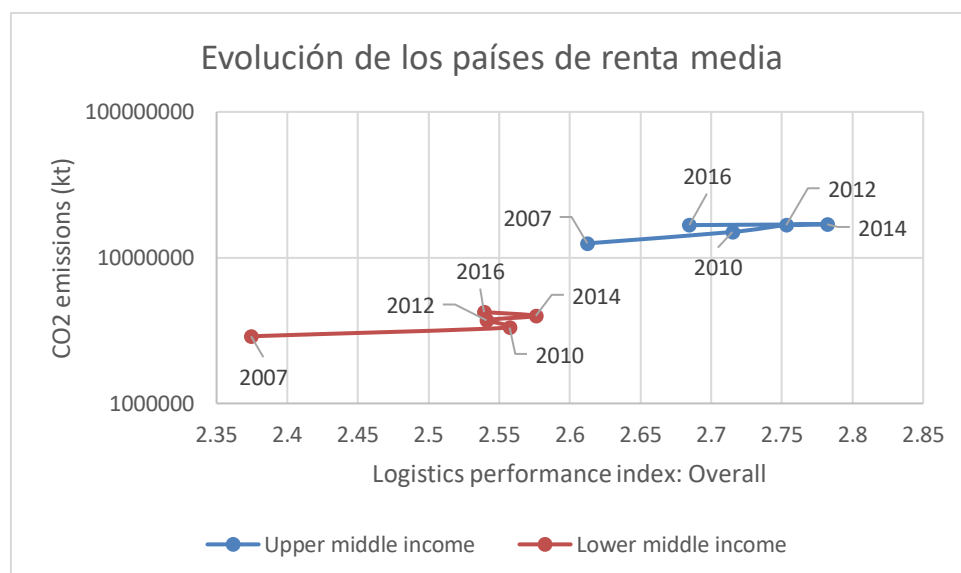
Atendiendo al nivel de renta, si se observa el gráfico 5, se muestra una tendencia muy dispar en función de los diferentes niveles de desarrollo de los países. En los países de renta alta, la evolución temporal en el indicador logístico es cercano al 3,5. Por lo tanto, estos son los que parten con un LPI mayor desde un principio, y en cuanto a emisiones tienen una tendencia decreciente. Los países de renta media experimentan un aumento del indicador logístico empezando a partir del 2,5, y respecto a las emisiones se encuentran en unos niveles parecidos, pero mayores al inicio, que los países de renta alta teniendo una tendencia creciente y llegando a superarlos. Por último, los de renta baja se encuentran en un tramo por debajo de los 2,5 en el indicador logístico mejorando su posición y a partir de 2012 vuelven a tener una tendencia decreciente. Aun así, terminan en una posición mayor que la inicial. Respecto a las emisiones son el grupo con menores niveles iniciales, manteniendo una trayectoria creciente en toda su evolución temporal.

En cuanto a la relación entre las variables, los países de renta alta tienen una relación inversa, cuando crece el LPI decrecen las emisiones. Los países de renta media tienen una relación directa porque crecen al mismo tiempo LPI y emisiones. Por último, en los países de renta baja hasta el 2012 habían tenido una relación inversa, en la que cuando el LPI crecía las emisiones decrecían, pero a partir de este punto pasan a tener una relación directa en la que decrecen al mismo tiempo emisiones y LPI.

Por lo tanto, se puede llegar a la conclusión de que solo por nivel de renta hay una alta heterogeneidad y es fácil de distinguir grupos diversos, pero además, dentro de cada grupo es observable que estos no siguen un patrón uniforme. En este sentido, si se aplica una desagregación en el grupo de países de renta media, de modo que se diferencia por países de renta media-alta y de media-baja, se puede observar (gráfico 6) que hay una clara diferencia entre ambos grupos que lo componen.

Por un lado, se observa que los países de renta media-alta respecto al LPI parten de un nivel mayor y presenta una tendencia creciente. Esto es así hasta que en 2014 empieza a decrecer. Respecto a las emisiones tiene una tendencia creciente. Por otro lado, los países de renta media-baja parten, inicialmente, de unos niveles de LPI y emisiones menores. El LPI tiene una tendencia creciente pero irregular, ya que alterna crecimientos y decrecimientos, y respecto a las emisiones mantiene una tendencia creciente.

Gráfico 6. Evolución temporal de los indicadores en el tramo de renta media.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

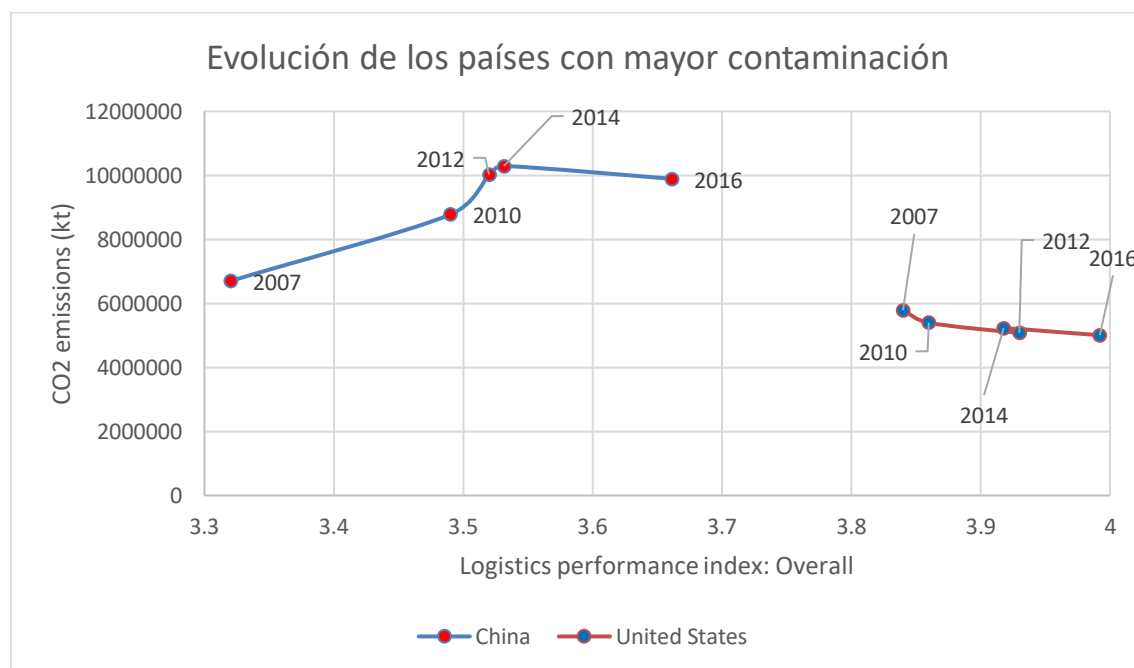
Para dar explicación a los factores causales, de la reducción de las emisiones y la diferencia de tendencias dependiendo de la renta, otros autores han recurrido a la hipótesis

de Kuznets ambiental. La hipótesis de Kuznets consiste en que en el corto plazo y en las etapas iniciales de una economía, que es cuando experimenta un crecimiento económico, hay una degradación medioambiental, y posteriormente en el largo plazo, y cuando ya haya adquirido un cierto nivel de crecimiento habrá una mejora de la calidad en el medioambiente. Esta mejora se basa en que existen tecnologías que mejoran la eficiencia y el ahorro de energía, así como, la producción de energía renovable aunque debido a su elevado coste no se encuentra al alcance de cualquier economía. De esta forma esta hipótesis no es válida tanto para los países de renta baja como para los de renta media baja, pero si lo es para los de renta media-alta y alta. (Al-mulali, Weng-Wai, Sheau-Ting, & Mohammed, 2015).

3.1.3 ANÁLISIS DE LOS PAÍSES MÁS CONTAMINANTES

Anteriormente se han analizado los países dentro de grupos. En esta sección se realiza un análisis más detallado enfocado a los países más contaminantes. Estos se dividen en 2 grupos. El primer grupo estaría conformado por China y Estados Unidos (EEUU), que son los más contaminantes, y el segundo grupo estaría conformado por Alemania, India, Japón y Rusia, que también son muy contaminantes pero estarían en unos intervalos inferiores de emisiones.

Gráfico 7. Evolución temporal de los indicadores en China y Estados Unidos.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

Respecto al primer grupo, en el Gráfico 7 se observa la tendencia de EEUU y China, así como la relación entre su LPI y emisiones. EEUU desde un principio muestra una disminución de emisiones y mejora del LPI. De esta manera, aparece una relación indirecta entre su desempeño logístico y sus emisiones de carbono. Lo dicho anteriormente contrastaría con el caso de China, donde también ha estado mejorando su LPI en todo el periodo, pero sus emisiones no han dejado de crecer. Este crecimiento fue exponencial hasta el año 2014, momento en el que parece ser un punto de inflexión en su tendencia, comenzando una ligera reducción de las emisiones y convergiendo con la tendencia de EEUU.

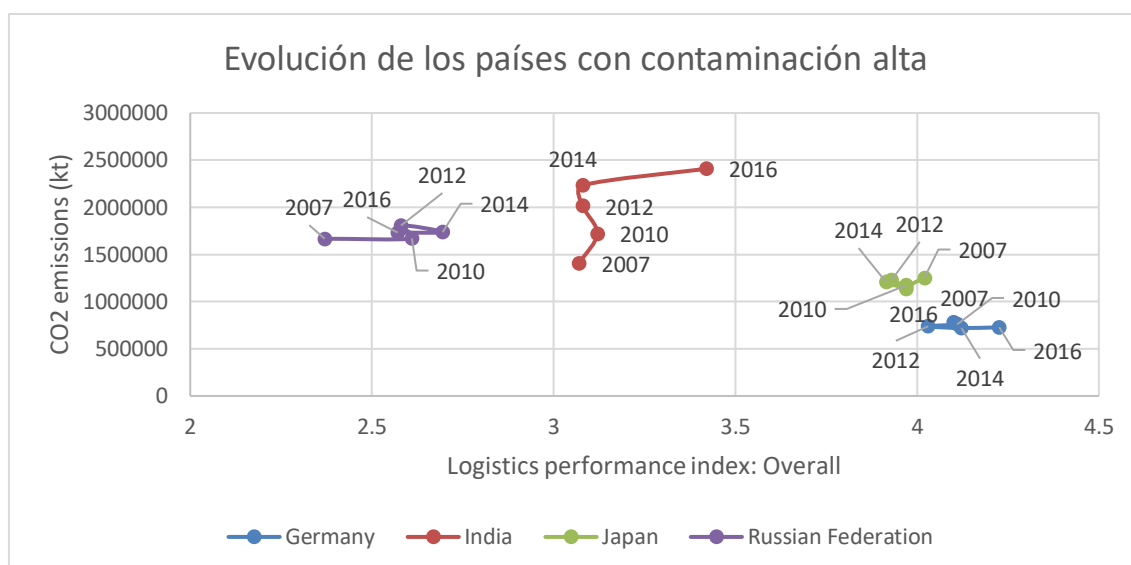
Respecto al segundo grupo, en el Gráfico 8 se observa como cada uno de los países considerados tiene una tendencia bastante dispar.

Alemania presenta una tendencia creciente en el LPI, y en cuanto a las emisiones una tendencia decreciente. En cambio, Japón se estanca en el crecimiento del LPI y respecto a las emisiones también presenta una tendencia decreciente, no constante sino con altibajos. Ambos partirían de una situación parecida respecto al LPI, es decir, parten de 4 puntos en este indicador y sus emisiones tienen una tendencia decreciente.

En el caso de India, se observa que parte de un LPI inferior, alrededor de 3, y experimenta un crecimiento. En cuanto a sus emisiones, hasta el 2014 tiene un crecimiento exponencial y posteriormente se modera bastante. Parte de la explicación de este incremento se debería a su industria manufacturera. India posee cinco industrias intensivas en energía que serían el petróleo refinado, papel y textiles, prendas de vestir e industrias de productos metálicos. Al ser uno de los países en desarrollo más grandes y de más rápido crecimiento, necesita una atención especial en la cuestión de las emisiones. En cuanto a las empresas, habría un problema de intensidad energética más acusado en las empresas pequeñas y medianas locales, debido a su antigüedad y su falta de aplicación de nuevas tecnologías (Sahu & K., 2014). Se observa, por lo tanto, una clara relación directa entre el desempeño logístico y las emisiones de carbono en la India, patrón similar (excepto para el periodo 2014-2016) al observado en China.

Por último, se encuentra Rusia. Este país parte de un LPI menor que India, alrededor del 2,3. Su tendencia es creciente hasta que en 2016 sufre un retroceso. En este caso, se puede observar que su posición más reciente es mejor que en 2007. Respecto a las emisiones, por lo general, hay un estancamiento.

Gráfico 8. Evolución temporal de los indicadores en Alemania, India, Japón y La Federación de Rusia



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

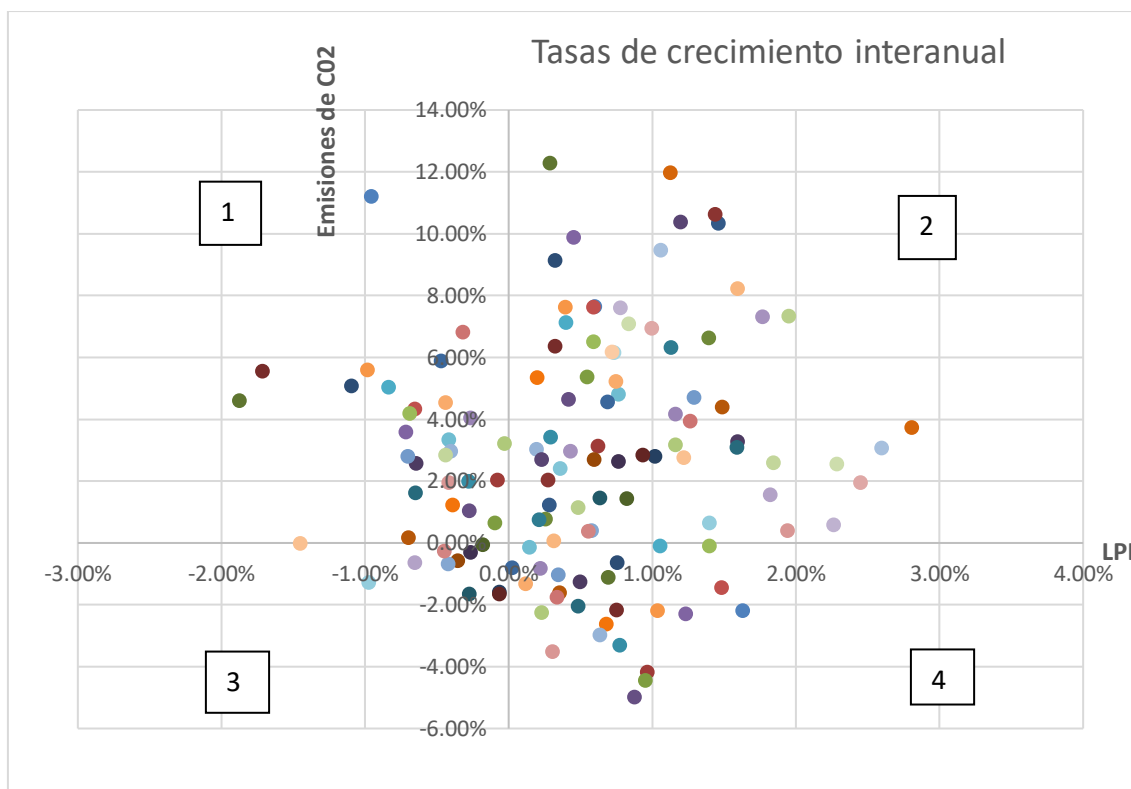
3.1.4 ANÁLISIS DE LOS PAÍSES POR CRECIMIENTO INTERANUAL

Para terminar el análisis descriptivo, también se ha elaborado un análisis de la evolución del LPI y las emisiones de CO2 a partir de sus tasas de crecimiento interanual. Con ello se ha elaborado el Gráfico 9, que refleja la relación entre estas variables y sus ritmos de crecimiento en el tiempo. Este gráfico se divide en cuatro cuadrantes:

- El cuadrante 1 expresa una relación indirecta. Cuando hay una disminución del LPI aumentan las emisiones. Este sería el peor escenario en el que se puede encontrar un país.
- El cuadrante 2 expresa una relación directa. Cuando aumenta el LPI, aumentan las emisiones.
- El cuadrante 3 expresa también una relación directa. Cuando disminuye el LPI también disminuyen las emisiones.
- El cuadrante 4 expresa una relación indirecta. Cuando aumenta el LPI, disminuyen las emisiones. Este escenario es el preferible ya que el país está mejorando tanto su calidad logística como sus emisiones.

Al observar los cuadrantes 1 y 2 coinciden en tener una fuerte dispersión en las emisiones, mientras que los cuadrantes 3 y 4 tienen una dispersión menor en las emisiones, y aún algo menor en el LPI.

Gráfico 9. Tasas de crecimiento interanual de los indicadores por país.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Mundial.

A rasgos generales, en este gráfico, la mayoría de los países se encontrarían en el cuadrante 2 (50% aproximadamente sobre el total) en esta situación estarían por ejemplo Mongolia, Vietnam, Colombia, China, Emiratos Árabes Unidos y Chad. Posteriormente, los cuadrantes 1 y 4 tienen un número similar de países (20% sobre el total). En el 1 encontraríamos áreas como Sudamérica y África, mientras que en el 4 hay otras como Europa del este y países de la OCDE. Por último, el cuadrante 3 es el más inusual (contiene entorno al 8% sobre el total) y en esta situación destacarían economías como son el caso de Irlanda, Venezuela, Suecia, Austria, Bélgica, Eritrea o Canadá. Para más detalles consultar la tabla B del apéndice.

3.2 ANÁLISIS ECONOMETRICO

3.2.1 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EMISIONES E ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO GENERAL

En esta sección se evalúan las relaciones observadas anteriormente a través de un análisis econométrico. Esta parte constaría de dos tablas con un total de cinco modelos. Los cuatro primeros modelos, tabla 1, se realizan sobre la muestra total mientras que el quinto, tabla 2, divide la muestra por grupos de renta.

A continuación, como se puede observar en la tabla 1, inicialmente se han estimado cuatro modelos que se corresponden con las ecuaciones (1) a (4) mostradas en la sección de la metodología.

Tabla 1. Estimación de la relación entre las emisiones y LPI.

	(1)	(2)	(3)	(4)
CONSTANTE	3.42402*** (0.609179)	9.34964*** (0.187155)	9.54340*** (0.188231)	-0.536714 (1.77008)
Log(LPI)	6.37394*** (0.582711)	0.589929*** (0.182683)	0.277742 (0.189504)	-0.0159395 (0.188683)
Log (PIB per capita)				1.12840*** (0.197147)
Industria (%PIB)				0.000689837 (0.00333672)
Observaciones	772	772	772	727
R2 ajustado	0.354715	0.992641	0.993822	0.994809
Efecto fijo por país	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Efecto fijo temporal	NO	NO	SÍ	SÍ

Nota: Errores estándar robustos entre paréntesis. *** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, * significativo al 10%.

En el primer modelo estimado por MCO, la constante y el LPI son significativos a la hora de explicar las emisiones. El LPI es significativo hasta que se aplican los efectos fijos temporales, modelo (3). También nos confirma que si hacemos una estimación por MCO no se puede tener en cuenta, la interpretación que se pudiera derivar del modelo, porque el R2 corregido suele dar como resultado cifras bajas, y por lo tanto no es un modelo representativo. La aplicación de efectos fijos parece la opción más representativa ya que el R2 corregido se acerca al 100%. Respecto a la interpretación de los parámetros para los modelos (1), (2) y (3) sería, ante un aumento de un uno por ciento del LPI Overall repercute en las emisiones en un incremento del 6,37%, 0,59% y 0,27% respectivamente.

Para continuar comprobando la hipótesis del trabajo se ha realizado el modelo (4) analizando la muestra directamente con efectos fijos (para simplificar el análisis descriptivo), con dos variables nuevas que serían el PIB per cápita y el % de la industria del país sobre el PIB. Así, se espera confirmar si la renta/desarrollo económico y el nivel

de industria son relevantes a la hora de explicar el aumento de las emisiones de CO₂. Como resultados se han obtenido que el PIB per cápita es significativo hasta el 1% para explicar las emisiones de CO₂, no así el % de la industria del país (que resultaría finalmente no significativo).

Hasta este punto se ha obtenido como conclusión que el índice de desempeño logístico no es significativo para explicar las emisiones de CO₂. En esta línea, que no sea significativo podría ser una contradicción ya que, según la Agencia Internacional de la Energía (2012), el consumo energético de los transportes representa el 27% de la demanda mundial de energía y el 22% de las emisiones totales de carbono. (Saidi, Shahbaz, & Akhtar, 2018). Este resultado, podría deberse a que los datos utilizados son los totales de emisiones por país así que la industria y el sector energético, entre otros factores, podrían estar escondiendo el peso que tienen los transportes, en cuanto a emisiones.

El siguiente análisis, ver tabla 2, dado que el PIB per cápita se muestra como variable relevante a la hora de explicar las emisiones de los países se ha realizado una segmentación de la muestra por nivel de renta. De esta forma, se aísla el efecto renta/desarrollo económico, ya que la muestra del trabajo es muy heterogénea, y segmentando por grupos de renta se hace observable la importancia del LPI por cada subgrupo. Añadir que se ha realizado aplicando logaritmos tanto a las emisiones de CO₂ como al LPI.

Tabla 2. Estimación de la relación entre las emisiones y LPI clasificando a los países por nivel de renta por habitante.

	(ALTA)	(MEDIA- ALTA)	(MEDIA- BAJA)	(BAJA)
CONSTANTE	10.7383*** (0.313898)	10.4658*** (0.171685)	9.20578*** (0.199535)	6.9011*** (0.254422)
Log(LPI)	0.237465 (0.309247)	0.0559729 (0.174626)	-0.110167 (0.236424)	0.612024* (0.319573)
Observaciones	245	203	205	119
R ² ajustado	0.995017	0.997225	0.992764	0.976195
Efecto fijo por país	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Efecto fijo temporal	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

Nota: Errores estándar robustos entre paréntesis. *** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, * significativo al 10%.

Como resultado se obtiene que en todos los niveles de renta la constante es significativa pero no ocurre así con el LPI. Sin embargo, en el caso de los países con el nivel de renta más bajo, el LPI es significativo al 10%. En este caso, podría decirse que un incremento del 1% del desempeño logístico de los países de renta baja, supondría un incremento de aproximadamente el 0,6% de sus emisiones.

Lo anterior nos indicaría que el LPI no es significativo con efectos fijos para la mayoría de las áreas del mundo. Aun así, el problema posiblemente se debería al uso de los datos de emisiones totales. En este sentido, una forma de mejorar el análisis a futuro podría ser estudiar la relación usando las emisiones asociadas exclusivamente al sector del transporte.

3.2.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EMISIONES Y COMPONENTES DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO

Para finalizar el TFG, se ha realizado un análisis de la relación entre las emisiones de CO₂ y el desempeño logístico desagregado (ver tabla 3), es decir, el LPI general (overall) se ha sustituido por los diversos índices LPI que lo componen.

En el modelo (5) de la tabla 3, se puede observar que la constante es significativa al 1% y el LPI sobre calidad de las infraestructuras comerciales y de transportes es significativo al 5%. En este caso, se podría decir que un aumento del 1% en la calidad de las infraestructuras comerciales y de transportes implicaría un incremento de 0,246% en las emisiones. El modelo además es explicativo, ya que el R² ajustado es del 0,99. Esta interpretación sigue confirmando la teoría de que unas mejores infraestructuras favorecen su conectividad con el mercado global y, por lo tanto, genera desarrollo económico, que a la vez implica un aumento de emisiones.

Dado que, en el modelo (4) de la tabla 1, la renta era importante y siendo que como hipótesis la renta (que es reflejo del desarrollo económico) es factor explicativo del incremento de las emisiones, se ha optado por hacer un análisis de otro modelo para ver si es significativa la renta per cápita y el peso de la industria sobre el PIB.

Según los resultados del modelo (6) de la tabla 3, la renta per cápita es significativa al 1% y el peso de la industria sobre el PIB no lo es, al igual que en el modelo (4) de la tabla 1.

Tabla 3. Estimación de la relación entre las emisiones y los componentes del LPI.

	(5)	(6)
CONSTANTE	9.55467*** (0.189444)	-0.453429 (1.79036)
Log(LPI: Capacidad de seguimiento y localización de los envíos, seguimiento)	0.0612058 (0.108233)	0.0852714 (0.111303)
Log(LPI: Competencia y calidad de los servicios logísticos, calidad)	-0.151422 (0.131359)	-0.197756 (0.12891)
Log(LPI: Facilidad para organizar envíos a precios competitivos, precio)	0.0126157 (0.0886040)	-0.0184172 (0.0949527)
Log(LPI: Eficiencia del proceso de despacho de aduanas, aduanas)	0.132267 (0.100921)	0.0222480 (0.109332)
Log(LPI: Frecuencia con la que los envíos llegan al destinatario en el tiempo previsto o programado, puntualidad)	-0.00733517 (0.113275)	-0.0552401 (0.126234)
Log(LPI: Calidad de las infraestructuras comerciales y de transporte, infraestructuras)	0.245911** (0.112273)	0.163411 (0.126513)
Log(PIB per cápita)		1.11902 *** (0.198898)
Industria(% PIB)		0.000906962 (0.00320718)
Observaciones	772	727
R2 ajustado	0.993897	0.994851
Efecto fijo por país	SÍ	SÍ
Efecto fijo temporal	SÍ	SÍ

Nota: Errores estándar robustos entre paréntesis. *** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, * significativo al 10%.

Dado el resultado de que la renta es significativa y como la muestra es muy heterogénea, al igual que se ha hecho anteriormente, para aislar el efecto de la renta se ha procedido a segmentar por grupos de renta. Así en la tabla 4, se puede observar como dependiendo del nivel de renta del país, el componente del desempeño logístico (LPI) que influye en las emisiones es distinto. En cada grupo de renta se observa un R2 ajustado alrededor del 0,97-0,99 por lo que son modelos bastante explicativos.

Tabla 4. Estimación de la relación entre las emisiones y los componentes del LPI clasificando a los países por nivel de renta por habitante.

	(ALTO)	(MEDIO-ALTO)	(MEDIO-BAJO)	(BAJO)
CONSTANTE	10.8834*** (0.274495)	10.5246*** (0.184917)	9.10904*** (0.180906)	6.90689*** (0.245132)
Log(LPI: Seguimiento)	-0.142214 (0.185788)	0.184709 (0.142874)	-0.254701 (0.184118)	0.227713 (0.210808)
Log(LPI: Calidad)	0.326130 (0.239611)	-0.315302** (0.149525)	-0.114526 (0.154874)	-0.639468* (0.343383)
Log(LPI: Precio)	0.202538 (0.156999)	0.0624560 (0.136358)	0.131268 (0.153374)	-0.245288 (0.152064)
Log(LPI: Aduanas)	0.0338887 (0.205057)	0.180873 (0.19140)	-0.210229 (0.156176)	0.614827*** (0.209618)
Log(LPI: Puntualidad)	-0.316314* (0.168643)	-0.172915 (0.134735)	0.227771 (0.164286)	0.146528 (0.171664)
Log(LPI: Infraestructuras)	0.0569388 (0.205264)	0.0963411 (0.163656)	0.175937 (0.186921)	0.593787** (0.283766)
Observaciones	245	203	205	119
R2 ajustado	0.995213	0.997367	0.992945	0.979360
Efecto fijo por país	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Efecto fijo temporal	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

Nota: Errores estándar robustos entre paréntesis. *** Significativo al 1%, ** significativo al 5%, * significativo al 10%.

En los países de renta alta, el índice de frecuencia con la que los envíos llegan al destinatario dentro del plazo previsto es significativo al 10% e influye negativamente en las emisiones de CO2. Esto es, ante el aumento del 1% de este componente, repercute en las emisiones en una disminución del 0,316%. Cabe remarcar este resultado, pues es la primera vez que se encuentra una relación inversa entre el desempeño logístico y las emisiones.

Si se atiende a las economías de renta media-alta, el LPI de competencia y calidad de los servicios logísticos es significativo al 5% y muestra una asociación indirecta con las emisiones de CO₂. La interpretación del parámetro sería, ante el aumento del 1% en la calidad de los servicios logísticos, las emisiones disminuirán un 0,315%. De nuevo, se vuelve a encontrar un factor que conlleva una reducción del carbono emitido por los países. Por el contrario, en las zonas de renta media-baja, ninguno de los subíndices del LPI son significativos en la explicación de las emisiones.

Por último, si se analiza los países de renta baja, se encuentran tres componentes del LPI significativos. En primer lugar, la competencia y calidad en los servicios logísticos es significativo al 10%. En este caso, como ya ocurría para los países de renta media-alta, una mejora de la competencia de los servicios logísticos reduciría las emisiones, siendo el coeficiente estimado del 0,639. Seguidamente, la eficacia del proceso de despacho de aduanas es significativo al 1% y contribuye al crecimiento del carbono emitido con una estimación con valor 0,614. En tercer lugar, la calidad de las infraestructuras relacionadas con el comercio y el transporte es significativo al 5%. Un aumento del 1% en este factor, supondría un incremento en las emisiones del 0,593%.

Por lo tanto, a rasgos generales, en los países de mayor renta adquiere más importancia que los envíos lleguen en el plazo previsto que en los de renta media-alta y baja. En estos dos últimos grupos mencionados, es más significativo la infraestructura, la facilidad para el comercio con una buena gestión de aduanas u oferta de servicios logísticos.

4. CONCLUSIONES

Por lo tanto, el trabajo realizado concluye que la hipótesis, de que la logística pueda mitigar los efectos de las emisiones, se confirma aunque hay que matizar esta afirmación con los resultados obtenidos. Con estos, se podría decir que para conseguir reducir las emisiones, los países de renta alta lo harían mejorando la frecuencia con la que los envíos llegan al destinatario dentro del plazo previsto, mientras que los países de renta media-alta y baja lo harían mediante la competencia y la calidad de los servicios logísticos.

A pesar de ello, hay que remarcar que aunque puedan reducir el incremento, el análisis descriptivo muestra que la tendencia general es un crecimiento de las emisiones. Esto se debe a que hay una senda muy diferente entre países desarrollados y los países en desarrollo, y a su interrelación en las cadenas de valor global.

Los países desarrollados, que coinciden con los de renta alta, al disponer de un gran desarrollo de las infraestructuras y servicios, van a verse afectados más por cuestiones de carácter cualitativo y han iniciado una tendencia decreciente en las emisiones. Sin embargo, para los otros países, que aún tienen un gran potencial de desarrollo, facilitar su comercio implicará un aumento de las emisiones, una mayor integración en las cadenas de valor globales, y principalmente será a través de la mejora de las infraestructuras. En los países de renta baja, el desarrollo económico se hace especialmente relevante si se comparan las áreas del LPI que destacan por ser significativas con respecto a los otros grupos de renta. Estas áreas son: la calidad de los servicios logísticos, el servicio de aduanas y las infraestructuras, todo ello relacionado con una mejora en la conectividad con el mercado global.

En un principio se podría creer que las deslocalizaciones de la producción a países en desarrollo es el factor clave para la reducción efectiva de emisiones en los países desarrollados. Sin embargo, el hecho de que el porcentaje de la industria no sea significativo para explicar las emisiones nos indica que, a pesar de que en los países más desarrollados se estén especializando en economías de servicio y consumidores de las cadenas de valor global, están siendo exitosos en la reducción de las emisiones. Entre los países y las áreas geográficas que destacan por la reducción de emisiones son: China, Estados Unidos, Alemania, y las áreas geográficas de, los países miembros de la OCDE, Norte América, la Unión Europea, Europa y Asia Central y el Este de Asia y Pacífico.

Por todo lo dicho anteriormente, si se aspira a cumplir con los objetivos del pacto de París es necesario que las emisiones de aquellos países con tendencia decreciente contrarresten a las de los países con la tendencia creciente. Por lo tanto, por un lado hay que acelerar el decrecimiento de las emisiones en las áreas con tendencia decreciente, y por el otro, hacer la transición lo más sostenible posible para aquellas con la tendencia creciente.

Para dar respuesta a esta problemática, a partir de las investigaciones (Mariano, Gobbo, de Castro Camioto, & Rebelatto, 2017) y (Inderwildi & King, 2012) se ha hecho una síntesis de sus propuestas. Sus ideas de como abarcar esta problemática no se limitan únicamente al sector de los transportes sino también al energético, dado que el sector de los transportes hace un uso intensivo de energías fósiles. Aquí se recogen algunas de estas medidas, centradas en el sector del transporte. Estas se podrían dividir en cuatro bloques referidos a las características de los vehículos, las medidas políticas a implantar, la gestión logística y las conductas que individualmente puedan contribuir:

En cuanto a vehículos a utilizar, se debería priorizar el uso de vehículos híbridos, eléctricos, vehículos con tecnologías más eficientes y limpias, vehículos de mayor capacidad de carga.

En cuanto a medidas políticas a implantar, se recomienda realizar medidas que fomenten la producción y compra de vehículos más eficientes y con tecnologías limpias (Mariano, Gobbo, de Castro Camioto, & Rebelatto, 2017), así como, favorecer el uso del transporte marítimo y del ferrocarril en vez de por carretera (ya que son más sostenibles).

En cuanto a la gestión logística, reducir la intensidad del tráfico aumentando el uso del transporte público, modificar las horas de salida para evitar atascos, mejorar la eficiencia y calidad de las operaciones de transporte de mercancías, reducir tanto la longitud media del trayecto como viajes sin carga y mejorar la gestión del almacenamiento (Inderwildi & King, 2012).

Por último, aquellos hábitos que se pueden aplicar de forma individual serían la adopción de un estilo de eco conducción, es decir, referido a conductas respecto a la conducción y el mantenimiento del vehículo como aumentar la presión de los neumáticos, reducir cargas y velocidades.

En definitiva, aunque el efecto de la logística parece ser reducido, no se ha de subestimar su importancia en la mitigación de los efectos del cambio climático, ya que los transportes son uno de los sectores más contaminantes del mundo, junto al sector manufacturero y el energético.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Al-mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. (2015). "Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation". *Ecological Indicators*, Vol. 48, páginas 315-323.
- Arvis, J.-F., Alina Mustra, M., Ojala, L., Shepherd, B., & Saslavsky, D. (2010). "Connecting to Compete 2010 : Trade Logistics in the Global Economy--The Logistics Performance Index and Its Indicators". *Connecting to Compete*.
- Arvis, J.-F., Alina Mustra, M., Ojala, L., Shepherd, B., & Saslavsky, D. (2010). *Connecting to Compete 2010 : Trade Logistics in the Global Economy--The Logistics Performance Index and Its Indicators*.
- Cetin, M., Ecevit, E., & Yucel, A. (2018). "The impact of economic growth, energy consumption, trade openness, and financial development on carbon emissions: empirical evidence from Turkey". *Environmental Science and Pollution Research*.

- Chapman, L. (2007). "Transport and climate change: a review". *Journal of Transport Geography*, páginas 354-367.
- Hensher, D., & Button, K. (2003). "Integrated Transport Models for Environmental Assessment". *Handbook of Transport and the Environment*, vol. 4.
- Inderwildi, O., & King, S. (2012). "Reducing Energy Consumption and Emissions in the Logistics Sector". *Energy, Transport, & the Environment*.
- Liu, Z., Li, L., & Zhang, Y.-J. (2015). "Investigating the CO₂ emission differences among China's transport sectors and their influencing factors". *Natural Hazards*, páginas 1323–1343.
- Mariano, E., Gobbo, J., de Castro Camioto, F., & Rebelatto, D. (2017). "CO₂ emissions and logistics performance: a composite index proposal". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 163, páginas 166-178.
- Mi, Z., Meng, J., Guan, D., Shan, Y., Song, M., Wei, Y.-M., . . . Hubacek, K. (2017). "Chinese CO₂ emission flows have reversed since the global financial crisis". *Nature Communications*, Vol. 8; Nº 1.
- Peters, G., Marland, G., Le Quéré, C., Boden, T., Canadell, J., & Raupach, M. (2011). "Rapid growth in CO₂ emissions after the 2008–2009 global financial crisis". *Nature Climate Change*, 12 Vol. 2; Iss. 1.
- Sahu, S., & K., N. (2014). "Carbon dioxide emissions from Indian manufacturing industries: role of energy and technology intensity". *Review of Business and Economics Studies*, Vol. 2, Nº 1.
- Saidi, S., Shahbaz, M., & Akhtar, P. (2018). "The long-run relationships between transport energy consumption, transport infrastructure, and economic growth in MENA countries". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 111, páginas 78-95.
- Tian, X., Geng, Y., Zhong, S., Wilson, J., Gao, C., Chen, W., . . . Hao, H. (2018). "A bibliometric analysis on trends and characters of carbon emissions from transport sector". *Transportation Research*, páginas 1-10.
- Timilsina, G., & Shrestha, A. (2009). "Transport sector CO₂, emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options". *Energy Policy*, páginas 4523-4539.
- World Bank , & Turku School of Economics. (2018). "Indicadores de Desarrollo Mundial, Logistics Performance Index".
- World Bank national accounts data, & OECD National Accounts data files. (2019). "Industry, value added (% of GDP)".
- World Bank, & Carbon Dioxide Information Analysis Center, E. S. (2020). "CO₂ emissions (kt)".
- World Bank, I., World Bank, W., & Eurostat-OECD PPP Programme. (2019). "GDP per capita, PPP (constant 2017 international \$)".
- World Bank, World Development Indicators. (2019). "Country Aggregates".
- Xu, A., & Yu, N. (2020). "Correlation analysis of CO₂ emission in logistics and other industries of China". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 474, Nº 05.

Zhongxiu, Z., & Yunfeng, Y. (2014). "Consumption-based Carbon Emissions and International Carbon Leakage: An Analysis Based on the WIOD Database". *Social Sciences in China*, Vol. 35.

6. APÉNDICE

Tabla A. Grupos de países por nivel de renta.

(ALTO)	(MEDIO-ALTO)	(MEDIO-BAJO)	(BAJO)
Andorra	Albania	Algeria	Afghanistan
Antigua and Barbuda	American Samoa	Angola	Burkina Faso
Aruba	Argentina	Bangladesh	Burundi
Australia	Armenia	Benin	Central African Republic
Austria	Azerbaijan	Bhutan	Chad
Bahamas, The	Belarus	Bolivia	Congo, Dem. Rep.
Bahrain	Belize	Cabo Verde	Eritrea
Barbados	Bosnia and Herzegovina	Cambodia	Ethiopia
Belgium	Botswana	Cameroon	Gambia, The
Bermuda	Brazil	Comoros	Guinea
British Virgin Islands	Bulgaria	Congo, Rep.	Guinea-Bissau
Brunei Darussalam	China	Cote d'Ivoire	Haiti
Canada	Colombia	Djibouti	Korea, Dem. People's Rep.
Cayman Islands	Costa Rica	Egypt, Arab Rep.	Liberia
Channel Islands	Cuba	El Salvador	Madagascar
Chile	Dominica	Eswatini	Malawi
Croatia	Dominican Republic	Ghana	Mali
Curacao	Ecuador	Honduras	Mozambique
Cyprus	Equatorial Guinea	India	Niger
Czech Republic	Fiji	Kenya	Rwanda
Denmark	Gabon	Kiribati	Sierra Leone
Estonia	Georgia	Kyrgyz Republic	Somalia
Faroe Islands	Grenada	Lao PDR	South Sudan
Finland	Guatemala	Lesotho	Sudan
France	Guyana	Mauritania	Syrian Arab Republic
French Polynesia	Indonesia	Micronesia, Fed. Sts.	Tajikistan
Germany	Iran, Islamic Rep.	Moldova	Togo
Gibraltar	Iraq	Mongolia	Uganda
Greece	Jamaica	Morocco	Yemen, Rep.
Greenland	Jordan	Myanmar	
Guam	Kazakhstan	Nepal	
Hong Kong SAR, China	Kosovo	Nicaragua	
	Lebanon	Nigeria	

Hungary	Libya	Pakistan
Iceland	Malaysia	Papua New Guinea
Ireland	Maldives	Philippines
Isle of Man	Marshall Islands	Sao Tome and Principe
Israel	Mexico	Senegal
Italy	Montenegro	Solomon Islands
Japan	Namibia	Sri Lanka
Korea, Rep.	North Macedonia	Tanzania
Kuwait	Paraguay	Timor-Leste
Latvia	Peru	Tunisia
Liechtenstein	Russian Federation	Ukraine
Lithuania	Samoa	Uzbekistan
Luxembourg	Serbia	Vanuatu
Macao SAR, China	South Africa	Vietnam
Malta	St. Lucia	West Bank and Gaza
Mauritius	St. Vincent and the Grenadines	Zambia
Monaco	Suriname	Zimbabwe
Nauru	Thailand	
Netherlands	Tonga	
New Caledonia	Turkey	
New Zealand	Turkmenistan	
Northern Mariana Islands	Tuvalu	
Norway	Venezuela, RB	
Oman		
Palau		
Panama		
Poland		
Portugal		
Puerto Rico		
Qatar		
Romania		
San Marino		
Saudi Arabia		
Seychelles		
Singapore		
Sint Maarten (Dutch part)		
Slovak Republic		
Slovenia		
Spain		
St. Kitts and Nevis		
St. Martin (French part)		
Sweden		
Switzerland		

Trinidad and Tobago
Turks and Caicos Islands
United Arab Emirates
United Kingdom
United States
Uruguay
Virgin Islands (U.S.)

Tabla B. Grupos de países por cuadrante del gráfico 9 interanual.

Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4
Burundi	Myanmar	Latvia	Uzbekistan
Bahrain	Tajikistan	Ireland	Czech Republic
Sao Tome and Principe	Lao PDR	Venezuela, RB	Poland
Pakistan	Ghana	Sweden	Croatia
Papua New Guinea	Nepal	Austria	Estonia
Sudan	Burkina Faso	Hong Kong SAR, China	Jamaica
Mauritania	Qatar	Norway	Lithuania
Angola	Mongolia	Switzerland	Hungary
Guinea	Vietnam	Netherlands	Cyprus
Tunisia	Mali	Eritrea	Bulgaria
Jordan	Benin	Canada	Slovenia
Zimbabwe	Kenya		Finland
Malaysia	Oman		Belgium
Liberia	Togo		Slovak Republic
Saudi Arabia	Sri Lanka		Luxembourg
Peru	Paraguay		Germany
Haiti	Zambia		Belarus
Gambia, The	Madagascar		United States
Senegal	Sierra Leone		Japan
Lesotho	Niger		North Macedonia
Australia	Bangladesh		Ukraine
El Salvador	Cameroon		Syrian Arab Republic
Argentina	Uganda		Spain
South Africa	India		Portugal
Kuwait	Cambodia		Romania
Singapore	Egypt, Arab Rep.		Denmark
Guatemala	Algeria		
	Colombia		
	Guyana		
	Lebanon		

Iran, Islamic Rep.
Panama
China
Kyrgyz Republic
Philippines
Malawi
United Arab
Emirates
Indonesia
Comoros
Bolivia
Chile
Solomon Islands
Chad
Armenia
Russian Federation
Bosnia and
Herzegovina
Dominican Republic
Ecuador
Costa Rica
Brazil
Uruguay
Morocco
Moldova
Mexico
Nigeria
Guinea-Bissau
Honduras
New Zealand
Israel
Thailand
Gabon
Korea, Rep.
Somalia
Djibouti
Kazakhstan
Cote d'Ivoire
Mauritius
Albania
Rwanda
Afghanistan
